



TITLE:

鉄系材料の内層を有する小型エンジンシリンダ用アルミニウム合金
鋳物の製造に関する研究(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

宮井, 卓

CITATION:

宮井, 卓. 鉄系材料の内層を有する小型エンジンシリンダ用アルミニウム合金鋳物の製造に関する研究. 京都大学, 1969, 工学博士

ISSUE DATE:

1969-01-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/213030>

RIGHT:

氏 名	宮 井 卓 みや い たく
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 237 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	鉄系材料の内層を有する小型エンジンシリンダ用アルミニウム合金鑄物の製造に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 森田 志 郎 教授 村上陽太郎 教授 尾崎 良 平

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は農工用小型エンジンの軽量化と性能向上の目的で従来の鑄鉄シリンダの代りに用いるアルミニウム合金鑄物に関する諸問題を実験的に解決して、その経済的量産方式を研究したもので、6章よりなっている。

第1章は緒言で、アルミニウム合金シリンダの耐摩耗性が鑄鉄より劣る問題の解決に対する従来の方法を検討し、著者の研究方針決定に至る経過を述べている。シリンダ内面の多孔性硬質クロムめつき法は生産性を低下し原価を高め、鑄鉄ライナをシリンダ内面に圧入又は焼ばめする方法は単なる機械的結合に起因する欠陥を伴ない易く、鑄包み法も同様な傾向をもつが、鑄鉄とアルミニウム合金の境界部に鉄—アルミニウム金属間化合物の中間相を形成して両部が熔着するアルフィン法によれば、境界部で熱伝導が阻害されず、勝れた性能を期待できると考察し、この方法を実験的に詳細に検討している。まず、ニレジスト鑄鉄を被めつき体として、熔融アルミニウム浸漬めつきにおける鑄鉄の酸化防止および生成酸化物除去用熔剤の種類、組成、温度および被覆条件を調べ、次に最良のめつきを与える最適熔剤条件の下で、めつき浴の成分、温度並びに被めつき体の浸漬方法を調べてアルフィン法により良好な熔着が得られる諸条件を決定し、立型空冷4サイクルディゼルエンジン用シリンダを製造したが、剥離試験により鑄鉄ライナと合金フィンとの完全熔着部は全体の15%にすぎず、片状黒鉛およびステダイト相では合金層との相互拡散が行なわれ難いことを認めた。即ちアルフィン法は、鑄鉄ライナのめつき浴外取り出しから合金熔湯鑄込みまでの時間が2分以内に制約され、熔剤、めつき浴および合金浴の温度調整が困難な点で、実際の生産管理および品質管理上の難点をもつと評価している。従って著者は作業性が勝れているガス熔線式熔射法に着目し、これを複層アルミニウム合金シリンダ製造に適用する可能性を、熔射層とその結合状態、実用運転成績、生産性などの点から検討することにしたとして述べている。

第2章ではアルミニウム合金シリンダの内面ヘスプラボンド法を適用する直接熔射法について述べている。ガス熔線式熔射法により合金面上に形成される厚さ 0.05~0.1mm のモリブデン層と母材合金との境

界面には両者の合金層が生成されず、5000倍の電顕観察でも間隙が認められないことから、両者の結合は極めて緊密な機械的結合であると考察している。またモリブデン層と鋼熔射層との間の結合も緊密で、500°C に加熱しても熔射層の剥離は認められない。著者は実験的に、合金シリンダ内面の切削加工、仕上げ寸法、ブラスト処理、予熱、モリブデンおよび鋼線熔射法、熔射後のシール塗布、ホーニング加工などの最適条件を決定した後、各種鋼系材料を熔射した2種の空冷エンジン用アルミニウム合金シリンダを試作し、鋳鉄リングを用いて実施した234時間運転試験の結果を、従来のクロムめっきリングを用いた高級鋳鉄シリンダおよびアルフィンシリンダの成績と比較している。平均摩耗量が最も少ないのは0.8% C 鋼（スプラステール No. 80）の場合で高級鋳鉄シリンダの約66%であることを認めている。この方法の欠点としてまず、熔射層の厚さに不同が生じ易く、その表面粗度が粗いので、鋳鉄シリンダよりも内面研磨とホーニング加工の工数が増すこと、次にエンジン運転中の爆圧により変形し易く、シリンダ肉厚を増す必要があることを指摘している。しかし本法は簡単な設備とアルフィン法の約65%の生産原価とで密着性が勝れた複層シリンダ铸件の中、小量生産に適し、量産には不適當であると述べている。

第3章および第4章では、高価なモリブデン線の使用を省き、直接熔射法の欠点である熔射前後のシリンダ内面仕上げ工数の増加を改良する目的で著者が考察した間接熔射法について述べている。これは表面が平滑な丸鋼棒に鋼系材料を熔射して芯金とし、アルミニウム合金熔湯鑄造後、鋼棒を合金シリンダと芯金の熱膨張の差を利用して外力を加えて抜取る方法で、鋼熔射層とアルミニウム合金との密着性が重要な問題となる。第3章では、鋼熔射層表面に溶ダを熔射してこれを中間層とし、置注ぎ法で鑄造するアルミニウム合金熔湯の熱を利用して両層をろう付けする方法を述べている。まず合金熔湯で鑄包んだ場合の溶ダ熔射芯金の昇温限度を実験的に求め、両層の密着性を各種溶ダ材について調べた結果最も勝っていた亜鉛を用いて試験用シリンダを作り、両層境界部における現象を詳細に観察している。境界部全面に亘る良好な密着には0.1mmの亜鉛熔射層の厚さを要すること、境界部は殆んど全く亜鉛—アルミニウム合金層を形成し、この合金層は熔射鋼層の凹凸および小孔中に侵入していて機械的に密着していること、凝固時の収縮応力により境界面の空孔に沿って微細亀裂が生成すること、本法における熔射鋼層、亜鉛—アルミニウム合金層およびシリンダ表層に比較的気泡が多いのは熔射中の吸蔵ガス、生成酸化物の他に亜鉛蒸気も一因であることなどを述べている。なお、試作空冷ディゼンエンジン用シリンダ8個の運転試験により、性能は高級鋳鉄シリンダより劣り、100時間運転で既に著しく変形したことの理由は、運転時の鋼層の加熱冷却に伴う鋼層と合金層との剥離にあると考察している。

第4章では、ダイカスト法により加圧鑄造したアルミニウム合金シリンダーの内面に、中子型の表面に熔射した鋼層を移植する間接熔射法について述べている。著者はこの方法により、標記出力 6PS, 2200 rpm の4サイクル電気着火水冷エンジンシリンダライナを72個試作し、製作工程上の重要因子を解析して精細に考察した。熔射条件として酸素、アセチレンおよび空気の流量と圧力、搬線速度、熔射距離、中子型の回転周速度、熔射ガンの送りピッチおよび往復回数、熔射層の材質、熔射用鋼線の直径と購入線材の状態、中子型の変形に基きその抜取時に表面に生成する縦筋とその防止法としての中子型の表面処理、離型材の種類につき、ダイカスト鑄造条件として鑄造機の種類と作業性、中子型の予熱温度、鑄造合金の選択、熔湯温度と鑄込温度、中子型抜取り法につき、機械加工条件としての内面仕上げにおけるホーニング前

後の内径寸法精度、仕上代、ホーニング時間と圧力、シール法、加工後洗滌法などにつき、それぞれ最適条件を決定し、標準製造工程と作業基準を作成している。また、ライナの冷却水に対する耐食性、耐圧性および熔射層と合金層との密着性などを調べ、ライナの熱膨張とピストン間隙について考察している。著者は、この方法では中子型に接した平滑面がシリンダ内面となり、表面粗度が粗い熔射層の凹凸部に高圧で射入される合金熔湯が緊密にかみ合うのみならず、熔射層中の空孔内にも侵入するため、両層間に極めて強い結合が得られ、従ってシリンダの熱伝導性も著しく改良されると考察している。なお、合金が JIS ADC 12、熔射鋼線がサブマージアーク熔接用 0.5Mo-2Mn 鋼の場合、このライナの製造を従来の高級铸铁の場合と比較すれば、素材加工率が58%から4.3%に、1個当りホーニング加工時間が約半減して生産性が著しく向上し、製造原価は総経費で16%減じたことを示している。

第5章では、前章で決定した作業基準により、各種熔射用鋼線材を用いて製作した JIS ADC12 合金の複層シリンダにつき、4 サイクル電気着火水冷エンジンの実用運転試験を行ない、その性能と耐久力を現行の高級铸铁ライナと比較し、熔射層の組織と摩耗との関係を考察して最適熔射鋼線材を選定した結果を述べている。実用試験にはパーカライジング処理高級铸铁リングを用いた。熔射ライナの場合は出力、燃料費がともに約3%改良され約300時間耐久力試験の結果、低硬度のサブマージアーク熔接用芯線の場合に摩耗量が少なく、铸铁ライナの場合より勝れていることを認めた。

著者はこの摩耗現象は熔射層中の酸化物介在量の大小に因るもので、その量が多すぎると熔射層の硬度は増すが靱性が減ずるため、少なすぎると熔射層の保油性が悪くなるため、いずれも摩耗量を増すが、その中間の介在量であるサブマージアーク熔接用芯線使用の場合に最も摩耗量が少なかったであろうと考察している。この場合の熔射層の顕微鏡組織は熔射のままでは極めて微細な急冷組織であるが、ダイカスト鑄造後焼戻されて、その中に炭化物と推定される微細析出物が見られることを示している。なお、この場合は铸铁シリンダの場合とは逆に、熔射層の硬度がピストンリングより低いにもかかわらず、保油性が良かったためリングとなじみ易くなる結果、摩耗量が少なくなるのであろうと述べている。

第6章は総括で、上記の研究結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

農工用小型エンジンの軽量化に対し、シリンダ材として従来の铸铁をアルミニウム合金に代えることは、一般にアルミニウム合金の耐摩耗性が铸铁より劣る点で、また耐摩耗性を期待できる高珪素アルミニウム合金の場合にはホーニング加工が困難な点で、未だ実用されていない。一方、従来より肉厚が薄い铸铁シリンダを内層にした複層鑄物も考えられているが、両層の緊密な結合が得られ難く、また硬質クロムめっきの方法は生産性を低下する。比較的有望と思われるにもかかわらず未だ普及しないアルフィン法の欠点はその品質管理の困難さにある。著者はこの点を考察して、铸铁とアルミニウム合金との緊密な結合が得られる必要条件を実験的に探求した結果、両者の緊密な結合は両者の熔着にあり、この熔着は両者の境界部に鉄-アルミニウム金属間化合物層の生成によることを確認した。この熔着現象は両金属間の拡散に依存するから、鑄造時の短い時間に十分拡散させるには、予め铸铁シリンダの外表面を熔融アルミニウムでめっきし、めっき層が凝固しない間に合金熔湯を鑄込む必要があること、このめっきを行なうには適

切な熔剤の選択とその使用法が重要条件であることを明らかにし、これらの工程管理を必要とするアルフィン法が量産に適しない理由を明確に指摘している。

次に、著者はスプラボンド法即ちモリブデンボンド法によりアルミニウム合金シリンダの内面に鋼を熔射する直接熔射法を考案し、熔射鋼と合金との結合が熔着でなく、表面の凹凸による極めて緊密な機械的結合であることを実験的に確認し、この方法による複層シリンダ製作工程の各最適条件を決定している。この方法の欠点は高価なモリブデン線の使用、熔射層表面の粗度が粗いためホーニング加工の工数が増すことであるが、簡単な設備で緊密な複層結合が得られ、生産原価がアルフィン法の約65%である利点を持つこと、量産には適しないが、中小量生産に適することを見出している。

この直接熔射法の欠点を除くために、著者は表面が平滑な丸鋼棒に鋼系材料を熔射して芯金とし、置注ぎ法でアルミニウム合金熔湯を鑄込んだ後、合金シリンダ鑄物と芯金の熱膨張の差を利用して外力を加えて鋼棒を抜き取り、熔射鋼層をシリンダ内面に抱かせる間接熔射法を考案した。この方法では芯金に接した平滑面がシリンダ内面となるため、内面の仕上工数が著減できるが、熔射鋼層とアルミニウム合金との密着性が問題となる。著者は置注ぎ法で冶金学的熔着を得るには熔射鋼層上に更に溶ダ材を熔射する必要がある、金属亜鉛を用いれば境界面全体に亘り亜鉛-アルミニウム合金層が生成して熔着するが、亜鉛熔射層の厚さが0.1mmを要することを見出した。しかし亜鉛は熔射層内外に気泡生成を助長し、鋼層と合金層間の剥離を生じ易く、本法によるシリンダの性能および耐久力は悪く、実用できないことを確認した。従って著者は上述の諸研究によって得た熔射鋼層とシリンダ合金層との結合に関する知見に基き、合金熔湯の鑄造にダイカスト鑄造法を適用し、熔射鋼層表面の凹凸部と加圧射入された合金熔湯とが緊密にかみ合い、強固な結合が得られる方法を提案し、その実際の製作に必要な熔射、ダイカスト鑄造、機械加工の各条件を詳細に解析して実際製造の基礎となる作業基準を作成している。またダイカスト鑄造時の熔湯の熱で焼戻されて硬度が低下した熔射鋼層の基地中には硬度の高い酸化物が介在し、その量が適当であるならば、鋼層に保油性を与えると同時に耐摩耗性を与え、従ってシリンダの耐摩耗量も減少すると説明している。なお、熔射鋼種がサブマージアーク熔接用 0.5Mo-2Mn 鋼線又は 2Mn 鋼線、シリンダが JIS ADC12合金の場合に耐摩耗性が極めて良好で従来の高級鑄鉄ライナの場合に比しエンジンの性能および耐久力が勝れ、しかも、素材加工率は従来の58%から4.3%に、ホーニング加工工数は約半ばに減じて生産性が著増し、生産原価も約16%減となることを示している。

要するに、本論文は農工用小型エンジンの軽量化と性能向上を計る目的で従来の鑄鉄シリンダをアルミニウム合金に置換える場合に横たわる未解決の諸問題を精細に、実験的に解明して多数の基礎的知見を得、それらの研究結果に基いて、著者独自の全く新しい見地から、ガス熔線式鋼熔射法とダイカスト鑄造法とを組合せて、中子型表面の鋼熔射層をアルミニウム合金シリンダの内面に抱き換えさせる間接熔射法によって、複層シリンダ鑄物を製造する方法を見出し、その経済的生産方式を確立したもので、学術上寄与するところが少なくないのみならず、工業上寄与するところ大である。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。